



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Indeklimasimuleringer

rapport over nordisk energi- og miljøseminar 1990

Nielsen, Peter V.

Publication date:
1990

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Nielsen, P. V. (1990). *Indeklimasimuleringer: rapport over nordisk energi- og miljøseminar 1990*. Institut for Bygningsteknik, Aalborg Universitet. Gul Serie Bind R9034 Nr. 6

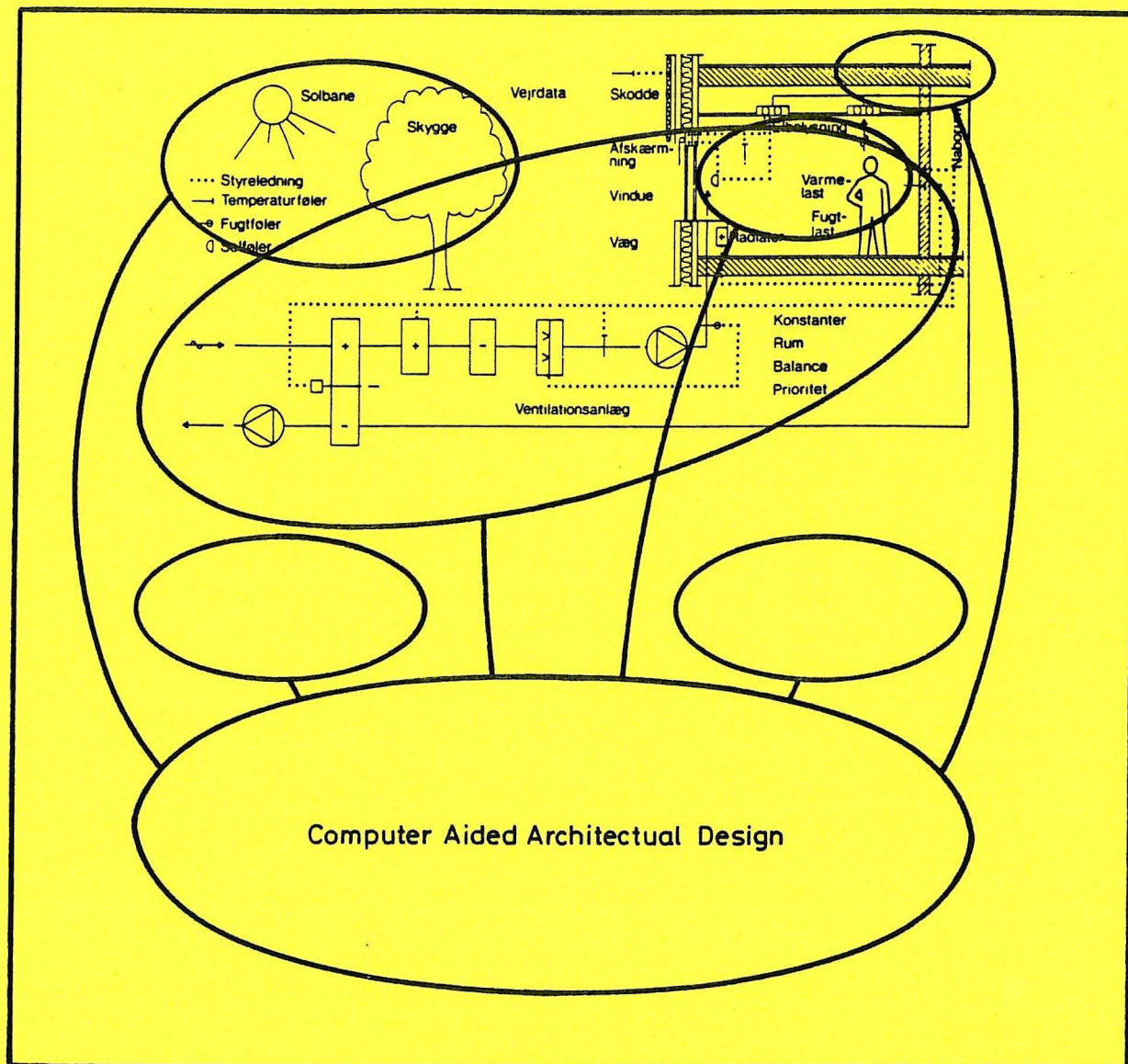
General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



Indlæg ved Nordisk Energi- og Miljøseminar, København 1990

P. V. NIELSEN

INDEKLIMASIMULERINGER - RAPPORT OVER NORDISK ENERGI- OG MILJØSEMINAR 1990

OKTOBER 1990

ISSN 0902-7513 R9034

Indlæg ved Nordisk Energi- og Miljøseminar, København 1990

P. V. NIELSEN
INDEKLIMASIMULERINGER - RAPPORT OVER NORDISK ENERGI-
OG MILJØSEMINAR 1990
OKTOBER 1990

ISSN 0902-7513 R9034

Indeklimasimuleringer - Rapport over Nordisk Energi- og Miljøseminar 1990

af

Peter V. Nielsen, Aalborg Universitetscenter

Indledning

Nordisk Energi- og Miljøseminar 1990 præsenterede seks papers under overskriften i Indeklimasimulering.

- Paper 1 J.E. Christensen, Det nye TSBI3 program til beregning af indeklima og energiforbrug.
- Paper 2 F. Frydenlund, FRES - Brukervenlig energi - og inneklimateberegninger for bygninger tilpasset VVS-bransjen.
- Paper 3 O. Balslev Olesen og O. Mørck, Integrerede EDB-programmer til rådgivning om og beregning af indeklima og energiforbrug i bygninger.
- Paper 4 M. Skovgaard og P.V. Nielsen, Numerical Prediction of Air Distribution in Rooms with Ventilation of the Mixing Type using the standard k, ϵ model.
- Paper 5 V. Novakovic, "HVAC-Dynamics" et redskab for kvalitetssikring av sluttleveransen i klimaanlegg.
- Paper 6 A. Svensson, Nu er tiden inde til en mere flexibel ventilationsteknik.

I det følgende indlæg vil de seks papers blive belyst i en helhed. Det er ikke indlæggets formål at gå ned i detaljer i de enkelte papers, men der vil i stedet blive henvist til fælles problemer og fælles muligheder, og der vil især blive lagt vægt på de nye muligheder, der åbner sig med gennemførelsen af de forskningsprojekter, som de seks papers dækker.

Diskussion

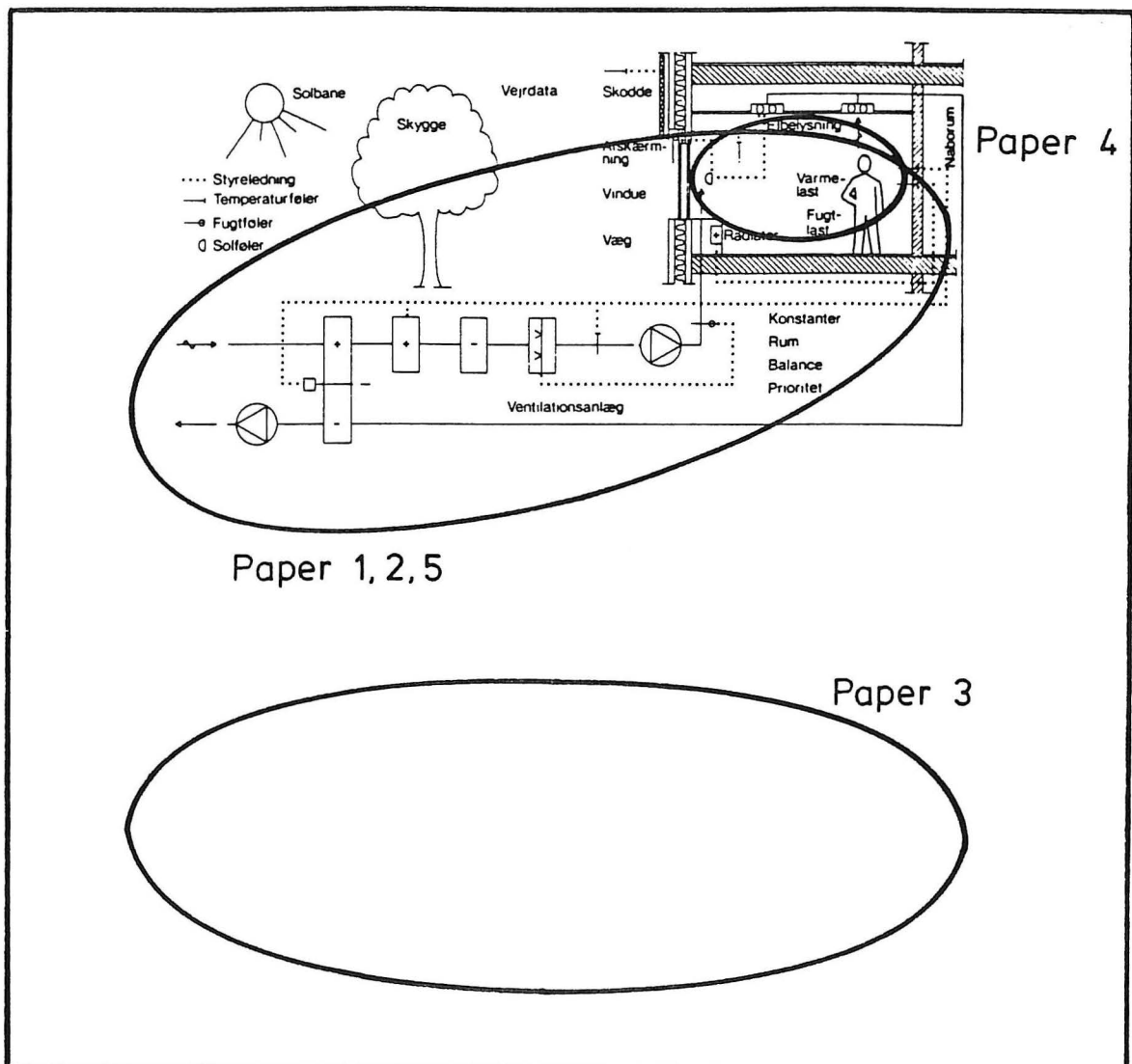
Tidligere kunne man med indeklimasimulering gøre sig forskellige forestillinger om det værktøj, der blev anvendt. Der kunne for eksempel være tale om undersøgelse af varmestrømme ved at opbygge en elektrisk analog i udskåret ledende folie, og senere blev der gjort flittig brug af analogregnemaskinen.

I det seneste årti har der kun været tale om simuleringer på en Computer (digital regnemaskine). Årsagen er, at computerteknologien er under konstant udvikling, så det er muligt at løse større og større opgaver eller en given opgave til en faldende pris.

Hvis man betragter en konkret opgave, har det vist sig, at de nødvendige beregningsomkostninger falder med en faktor 10 hver ottende år [1]. Konsekvensen af denne udvikling er, at fysisk tilfredsstillende løsninger på en computer før eller siden bliver kommercielt attraktive.

Branchen, der beskæftiger sig med indeklima, har derfor følgende to opgaver

- undersøge om et fysisk problem kan løses ved at simulere forholdene på en computer
- undersøge hvornår det er økonomisk attraktivt at bruge en computermodel eller samkøre en række computermodeller.

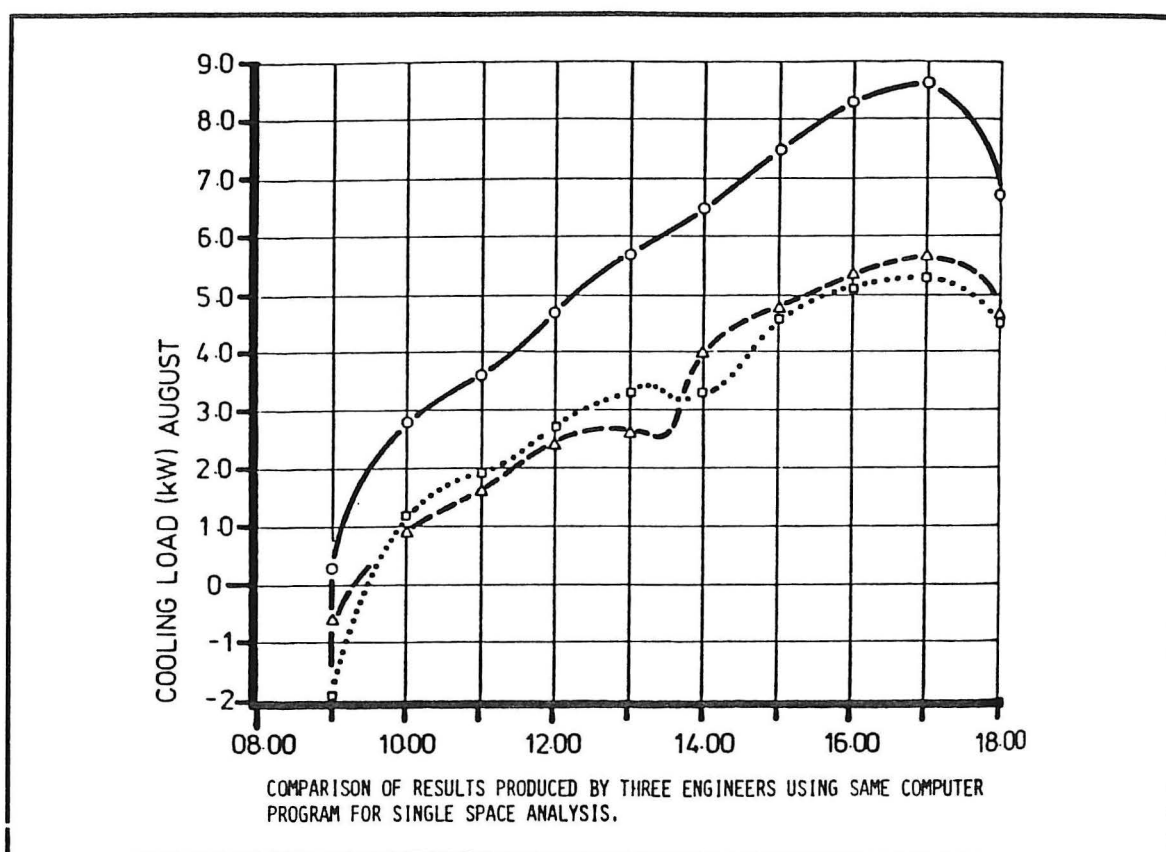


Figur 1. Indsatsområdet for paper 1, 2, 3, 4 og 5.

Paper 1, 2 og 5 er dynamiske modeller, der kan anvendes til fastlæggelse af energiforbrug og bestemmelse af indeklima i en bygning, medens paper 4 bestemmer luftstrømninger i et lokale, se figur 1. Paper 3 handler om et overordnet EDB-værktøj, som skal omtales senere.

Et fællestræk for paper 1, 2 og 5 er, at den fysiske situation de beskriver, kan løses tilfredsstillende på en computer. Arbejdsindsatsen på forskningsområdet ligger i dag især på at gøre programmerne så brugervenlige som muligt. Denne problemstilling afspejles også i enkelte af præsentationerne, hvor der er lagt stor vægt på strukturen i de menustyrende programmer og udseendet af output. Det er også typisk, at den matematiske baggrund for programmerne kun omtales i et enkelt tilfælde.

Det er væsentligt, at arbejdsindsatsen på at gøre programmerne mere brugervenlige også vil resultere i mere entydige resultater, end dem man kunne opnå tidligere.



Figur 2. Belastninger i et enkelt rum bestemt med samme program af tre ingeniører.

Figur 2 viser en ældre undersøgelse, hvor tre ingeniører løste en beregningsopgave ved hjælp af samme computerprogram samt relevante oplysninger om bygninger [2]. Resultaterne viser, at der er op til 40% afvigelse i den beregnede belastning i en situation, hvor der egentligt burde være fundet en entydig løsning.

I en fremtidig forskning vil der stadig være behov for en validering af nye modeller, så denne del bør stadig prioriteres højt ved præsentation af papers.

En dynamisk model til bestemmelse af forbrug og indeklime er principielt opbygget af følgende elementer

- varme-/kølegenerering
- styringssystem
- fordelingssystem
- klimaskærm (hus)
- klima

Ved mindre simuleringsmodeller er det kun klimaskærmen, der indeholder et dynamisk element, og dette kan ydermere være begrænset til en kapacitet i et enkelt rum.

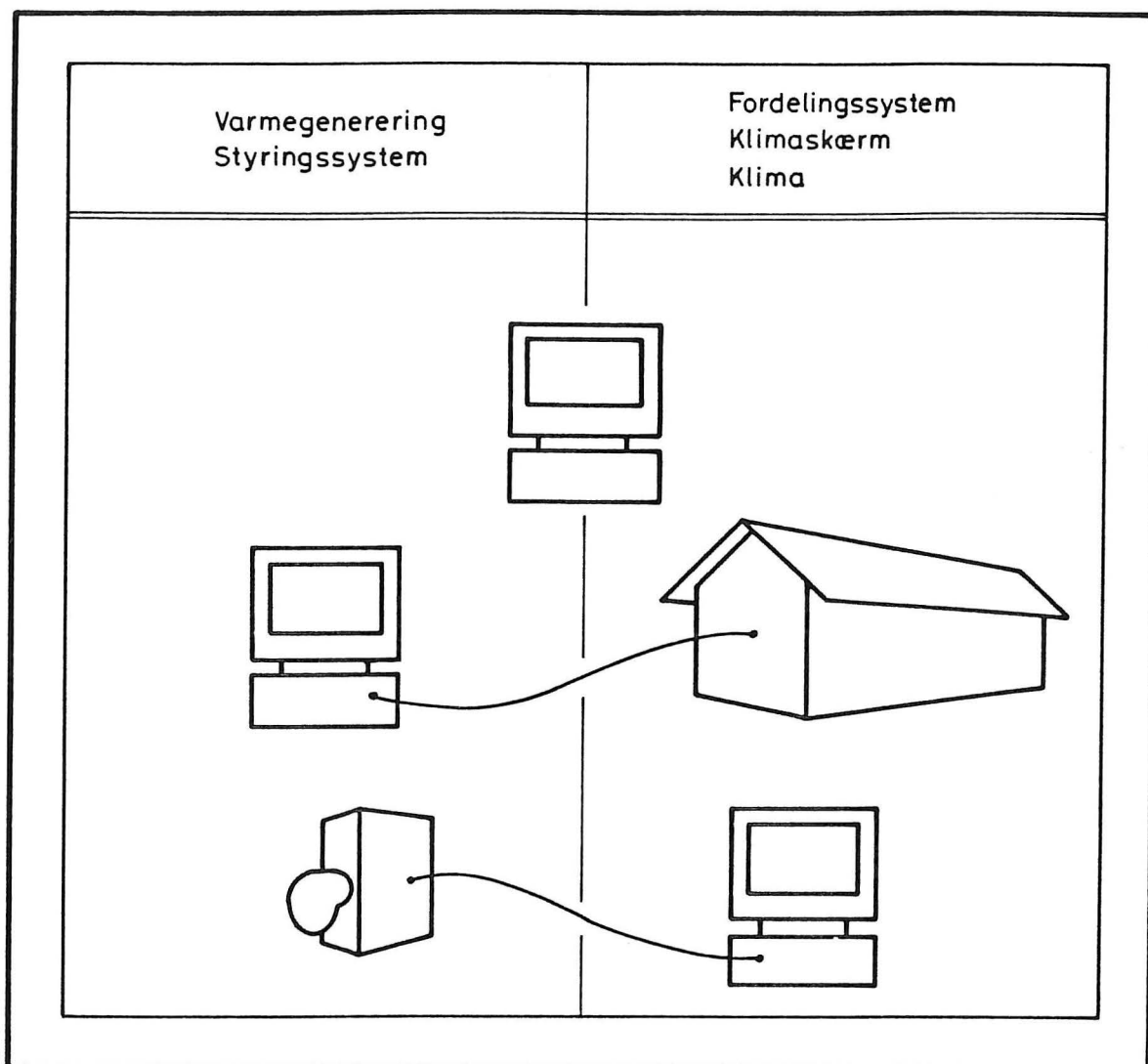
Paper nr. 5 er specielt interessant, fordi det kan behandle dynamik i hele systemet som fx i styringssystemet. Dette åbner mulighed for at koble dele af modellen sammen med en fysisk komponent, så komponenten kan testes under forhold, der svarer til brugssituationen. Det nævnes, at ASEA's Novabis-regulator er udviklet efter en sådan metode.

Figur 3 illustrerer, hvorledes en computermodel kan indeholde alle beregnings-elementer, eller hvorledes den kan indeholde en mindre del af modellen og virker på et fordelingssystem og et hus, se [3]. Computeren kan fx også arbejde sammen med et kedelanlæg, hvor modellen så simulerer fordelingssystemets og husets dynamik, se [4].

Erfaring med produktudvikling, hvor der indledes med simulering af styringssystemet efter det princip, der er skitseret på figur 3, viser, at det stadig er utroligt vanskeligt at opbygge en komplet dynamisk model af et styringssystem [3]. Hvis man betragter en række typiske resultater af en dynamisk simulering, som fx

- årsforbrug
- temperaturforløb i et rum
- temperaturforløb i en komponent
- ventilstilling m.m.

er det nok de førstnævnte resultater, der bestemmer med relativ høj nøjagtighed, medens bestemmelsen af de sidstnævnte størrelser stadig indeholder en stor forskningsindsats samt et stort behov for validering.



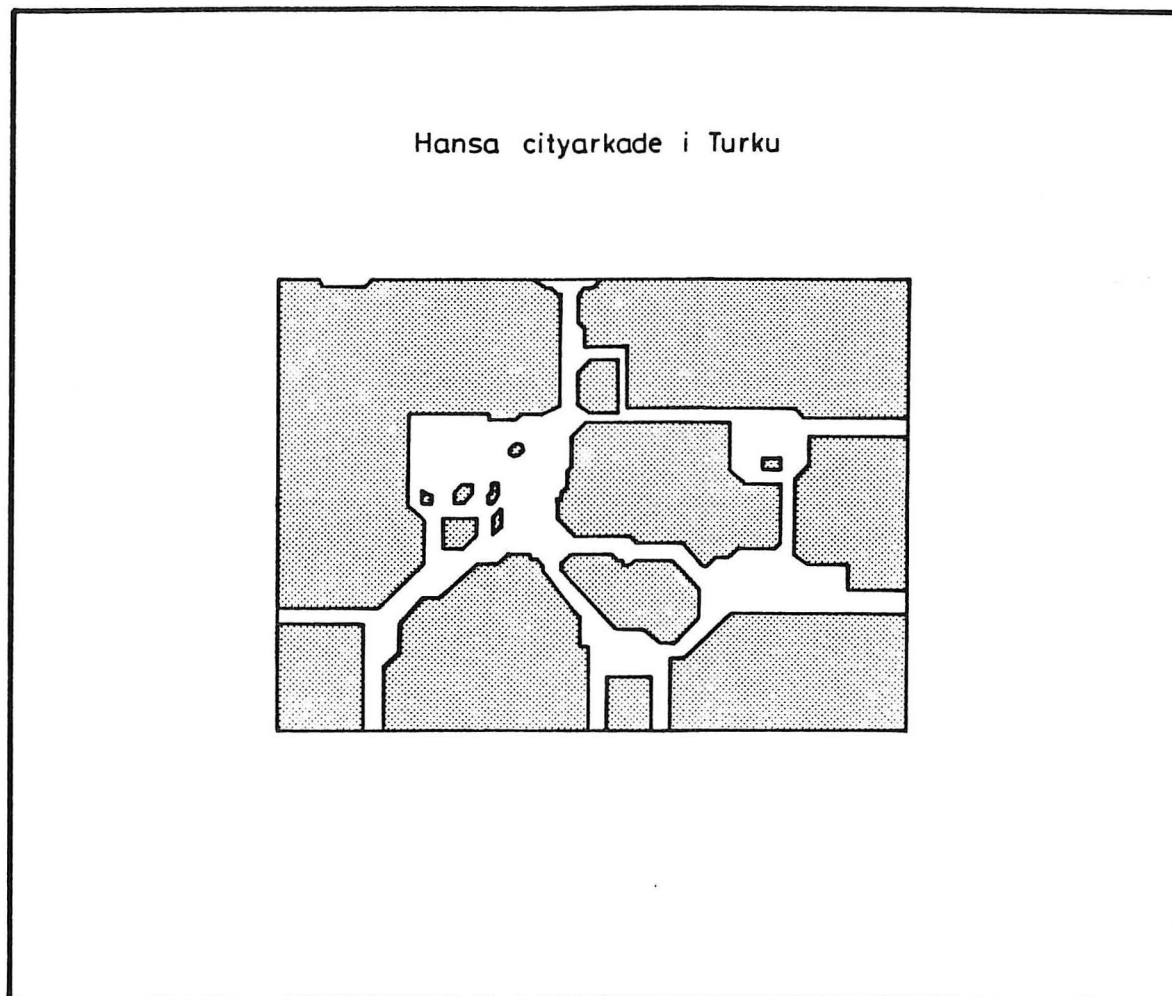
Figur 3. En dynamisk model og kombinationer af fysiske komponenter og dele af en dynamisk model.

Numerisk simulering af luftstrømningen i et lokale er et forskningsområde, der i øjeblikket er inde i en kraftig udvikling. Paper nr. 4 omtaler et større internationalt udviklingssamarbejde på dette område.

Der findes i dag kommercielt tilgængelige programmer, der regner specielt på luftstrømningen i lokaler som fx FloVENT og JASMINE, hvor det sidstnævnte program regner på røgtransport ved brand.

Der er der stadig behov for grundlæggende forskning på turbulensmodeller, der tager hensyn til lav-turbulente effekter. De lav-turbulente effekter er af stor betydning ved de lave hastigheder, der er i et lokale med komfortventilation.

Der er to typiske anvendelsesområder for et strømningssimuleringsprogram. Der kan være tale om at løse strømningfeltet i en kompliceret geometri, og programmet kan anvendes til at udvikle simplificerede modeller eller databaser for overskuelige situationer.

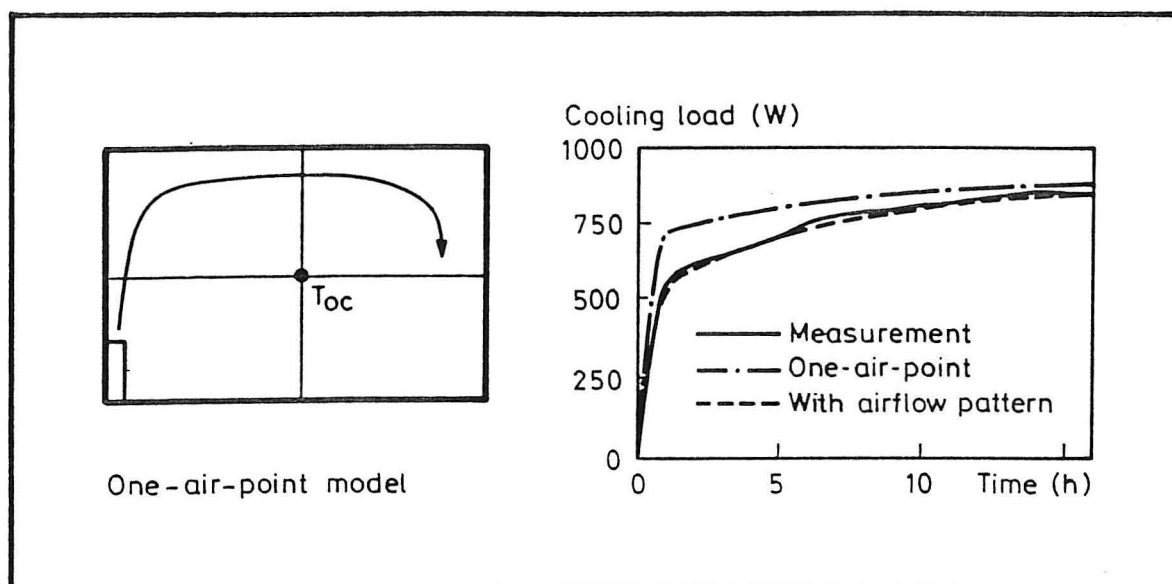


Figur 4. Vandret snit igennem en cityarkade.

Rumgeometrien i store konstruktioner som fx et atrium eller en cityarkade kan være meget kompliceret. Figur 4 viser et indkøbscenter i Turku, som er skabt ved at overdække og sammenbygge et antal bygninger. Et simuleringsprogram vil være velegnet til at belyse forholdene i en sådan konstruktion både hvad angår kuldenedfald, temperaturgradient og træk og måske især hvad angår røgudvikling ved brand.

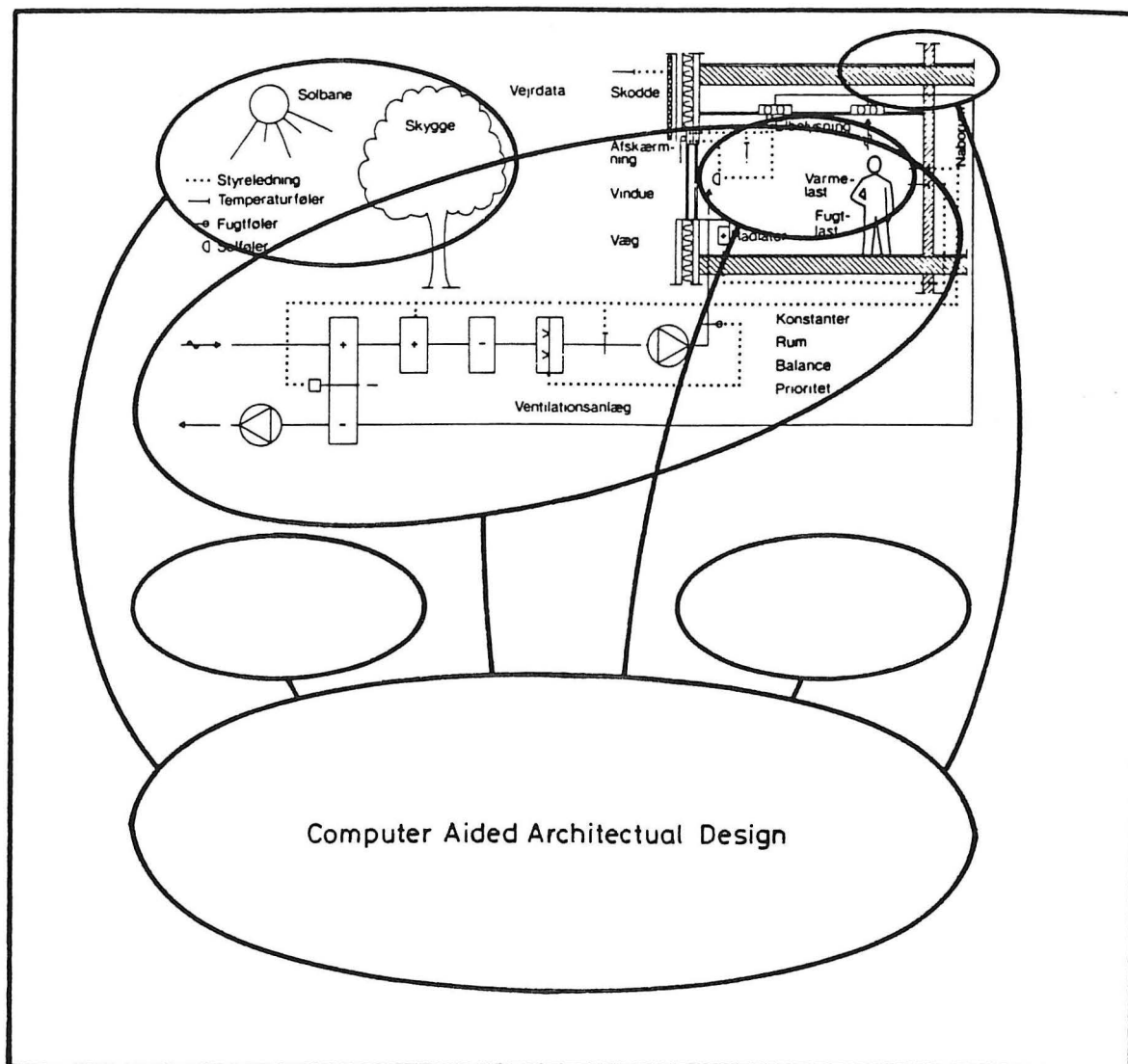
De simplificerede modeller har naturligvis en værdi i sig selv, men de kan også kombineres med en dynamisk model af en bygning.

En dynamisk model bestemmer kun lufttemperaturen i et enkelt punkt i rummet, dvs. det forudsætter at temperaturfeltet er helt homogent. Hvis man bestemmer temperaturfeltet ved hjælp af en simplificeret model, eller man anvender en database med et antal karakteristiske situationer, kan man få en forbedring af resultatet [5]. Figur 5 viser således resultatet af en beregning, hvor der tilføres 950 W som en stepfunktion. Belastningen er bestemt som volumenflow til rummet gange med temperaturdifferensen imellem udsugning og indblæsning. Et-punkt-modellen tager ikke hensyn til lodret temperaturgradient og dermed en forøget varmetransmission igennem lokalets loft, medens et temperaturfelt baseret på en strømningsberegning giver en god overensstemmelse imellem måling og beregning [5].



Figur 5. Et-punkt-model og tidsafhængig kølebelastning af et rum.

Samkøring af et dynamisk energiberegningsprogram og et strømningsberegningssimuleringsprogram kræver en stor computer, hvis man skal opnå en begrænset CPU-tid, men der er ingen grundlæggende problemer med metoden.

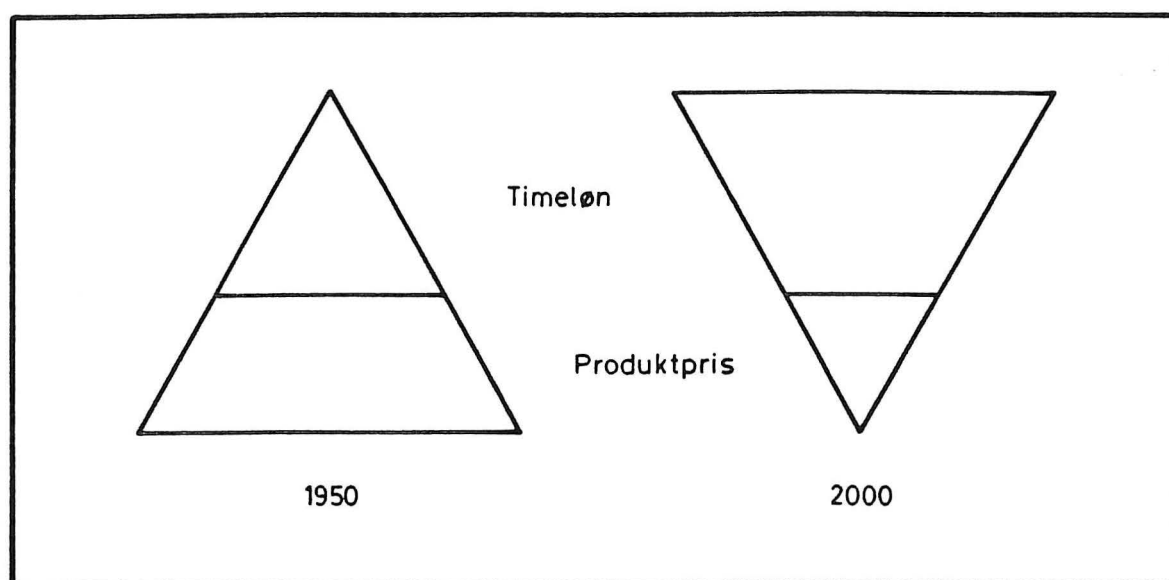


Figur 6. Princippet bag Computer Aided Architectural Design.

Samkøring af programmer inden for bygningsteknik er en logisk konsekvens af, at computeren får større og større regnekapacitet. Paper 3 illustrerer de muligheder, der åbner sig ved denne udvikling. Det overordnede system kan kaldes "Computer Aided Architectural Design" (CAAD), og det administrerer alle de programmer/modeller, der indgår i en bygnings konstruktion, opførelse og vedligeholdelse. Paper 3 omtaler både programmer af kvalitativ art så vel som programmer af kvantitativ art. Blandt de første kan nævnes programmer, man kan bruge til at studere bygningers udseende både udefra og indefra. De kvantitative programmer kan fx være et strømningssimuleringsprogram, et program til beregning af konstruktion-

ens styrke, og et program hvor man beregner de strømnings tekniske forhold uden for bygningen, se figur 6. Programsystemet indeholder som noget grundlæggende hele tegningsgrundlaget for byggeriet, og det nævnes i paper 3, hvorledes brugervenligheden i de kvantitative programmer hæves, fordi tegningsgrundlaget giver et komplet sæt indgangsdata, og derfor gør det hurtigere at gennemføre fx en strømnings teknisk beregning i et rum med en kompliceret geometri.

Paper 6 viser forslag til ventilationsanlæg, som kan tilfredsstille nogle fremtidige krav. Forslagene bygger alle på en forøget anvendelse af komponenter i kanalsystemet med det formål at opretholde konstante trykniveauer i forskellige afsnit.



Figur 7. Udvikling i timeløn og produktpris.

Hvis man ser mere overordnet på udviklingen, må man konstatere, at der sker en forskydning imellem timeløn og produktpris, fordi industrien hele tiden øger sin produktivitet. Figur 7 illustrerer dette forhold. Det ses, at den løsning der var optimal i 1950 ikke kan være den løsning, der er optimal år 2000. Dette forhold må naturligvis også afspejle ventilationsbranchen, således at der løbende opstår nye metoder og produkter, der nedsætter arbejdstiden til indregulering, drift og vedligeholdelse af et anlæg.

Litteratur

1. Chapman, D.R., Computational Aerodynamics Development and Outlook, AIAAJ., vol. 17, pp. 1293-1313, 1979.

2. Tuddenham, D., Computers in Air Conditioning Load Estimation, Afsnit i Air Conditioneig System Design for Buildings, Redaktion A.F.C. Sherratt, McGraw-Hill, London, 1983.
3. Nielsen P.V., Tidlig simulering af produktets funktion, Afsnit i Udvikling af Apparater, Dansk Forening for Apparatteknik, København 1986.
4. Poulsen, O. og S. Grundtoft, Dynamiske prøvestande på de teknologiske institutter, Dansk VVS, 2, 1985.
5. Chen, Q. og J. Kooi, ACCURACY - a Program for Combined Problems of Energy Analysis, Indoor Airflow, and Air Quality, ASHRAE Transactions, vol. 94, part 2, pp. 196-214, 1988.

